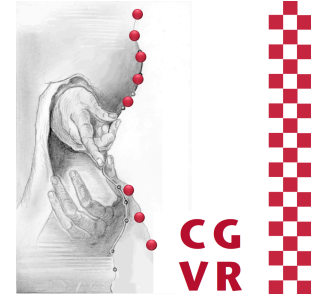


Bremen



Virtual Reality Haptics



G. Zachmann

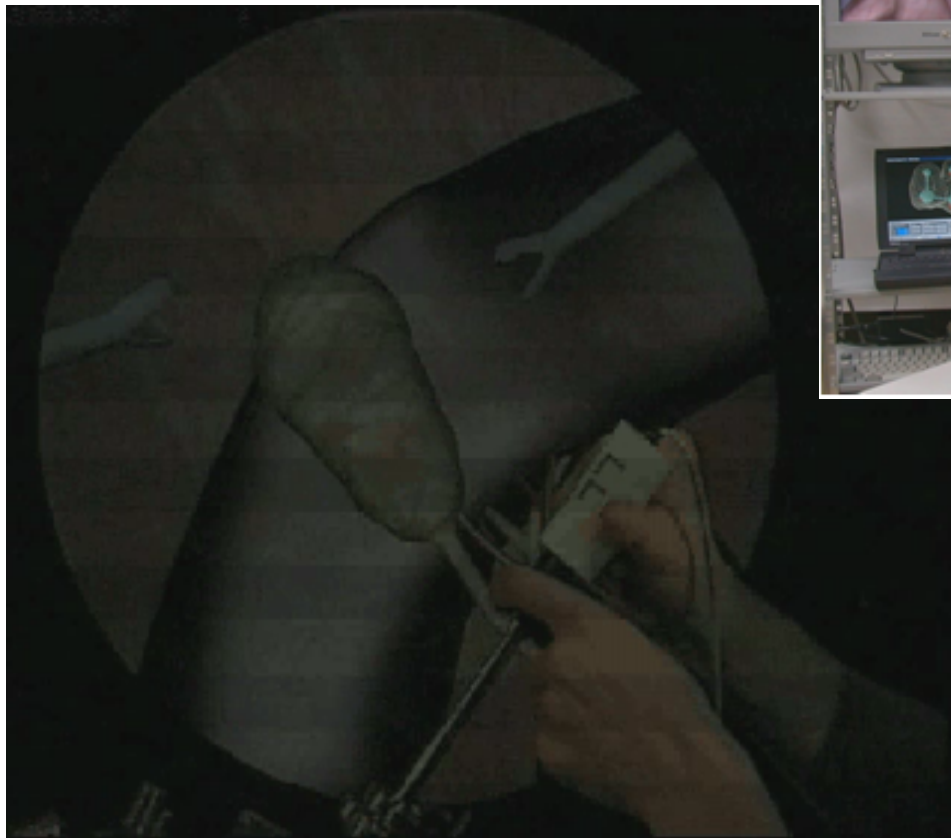
University of Bremen, Germany

cgvr.cs.uni-bremen.de

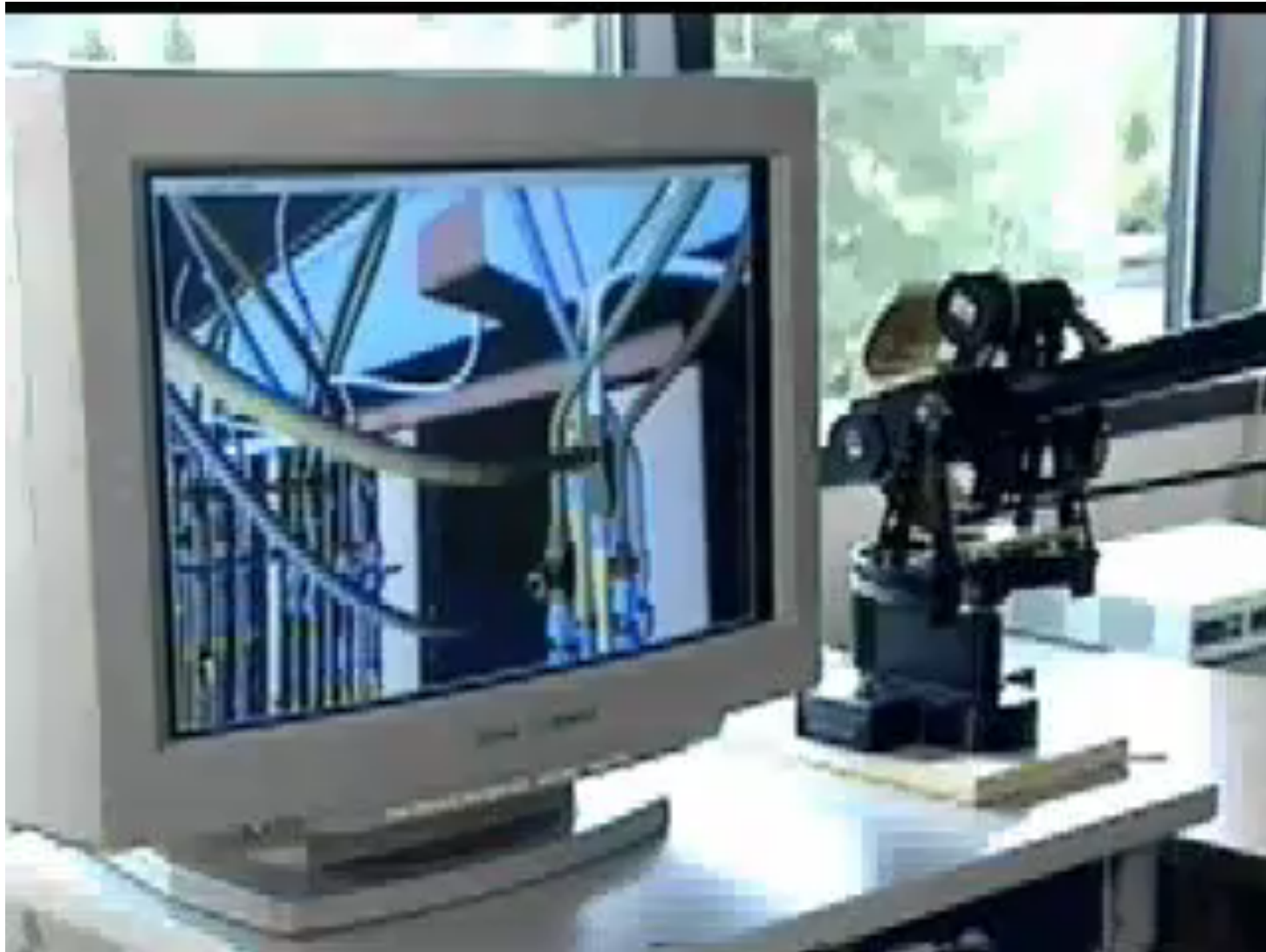
Ein Klasse nicht-visueller Displays

- Haptik = Berührungs- und Kraftsinn (griech. *haptesthai* = berühren)
- *Force-Feedback* = Kraftrückkopplung
- Was wird dargestellt ("gerendert"):
 - Kräfte auf Hand / Arm des Users ausgeben
 - Oberflächenbeschaffenheit darstellen (rau, Maserung, Gummi, ...)
 - Formen darstellen (z.B. à la Nagelbrett)
Frage: wie liegt der neue Rasierer in der Hand?
- Anwendungsfelder:
 - Training in der minimalinvasiven Chirurgie (Arzt fühlt mehr, als dass er sieht)
 - Spiele? (erhöht Präsenz)
 - Industrie: Virtuelle Montagesimulation (verbessert *User-Performance* beim Greifen und Plazieren), Design (Fühlen der Oberfläche)

Eine häufige Anwendung: Training in der minimalinvasiven Chirurgie



Weiteres Anwendungsbeispiel: Assembly Simulation



- Taktile Information:
 - Sensoren in der Haut
 - Details einer Form, Textur, Reibungswiderstand, ...
 - *Human Factors* der Fingerkuppe:
 - 0.15 mm bei Position eines Punktes
 - 1 mm räumliche Auflösung (Trennung 2er Punkte)
 - Wahrnehmbarkeitsschwelle: 0.06 Mikron Grat, bzw. 2 Mikron Punkt
 - Zeitliche Auflösung: 1 kHz (vergl. Auge!)
- Kinaesthetische (propriozeptive) Information:
 - Sensoren in den Muskeln
 - Großräumige Form, Federwiderstand, ...
 - *Human Factors*:
 - 2 bzw. 1 Grad (Finger bzw. Schulter)
 - 0.5-2.5 mm (Finger)

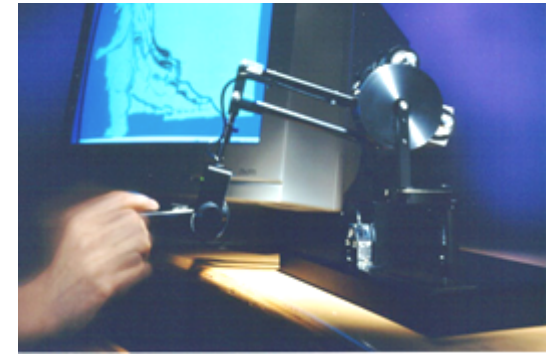
Panoptikum haptischer Geräte (*Force-Feedback*)



CyberForce



(movie)



Phantom



Sarcos (movie)

COPYRIGHT 1999 SARCOS

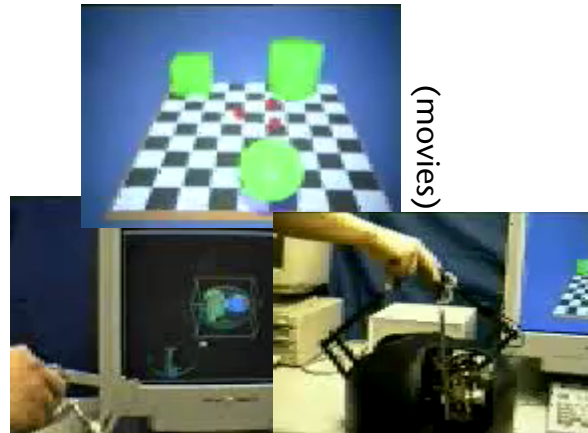


CyberForce



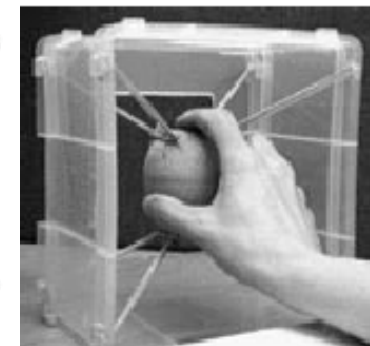
"Maglev"

(magnetic levitation device)



(movies)

Tsukuba



Spidar



Two-Handed Multi-Fingers Haptic Interface Device: SPIDAR-8

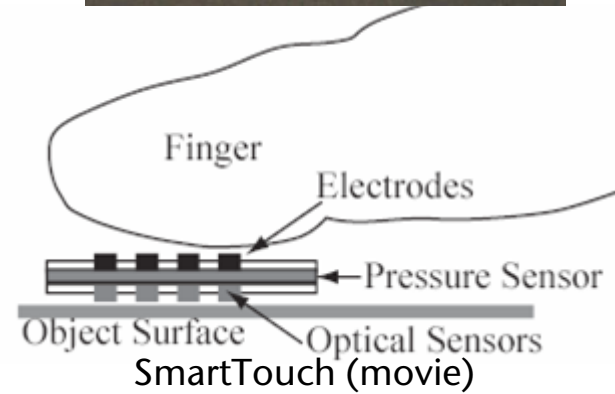


INCA 6D von Haption

Taktile Displays



Feelix

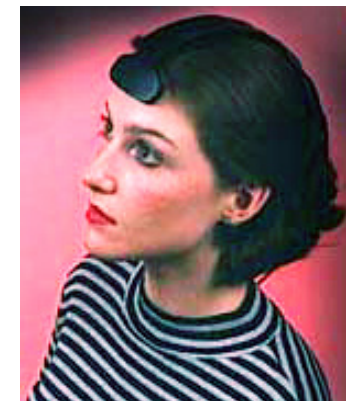




Andere Displays



Flogiston



Freiheitsgrade

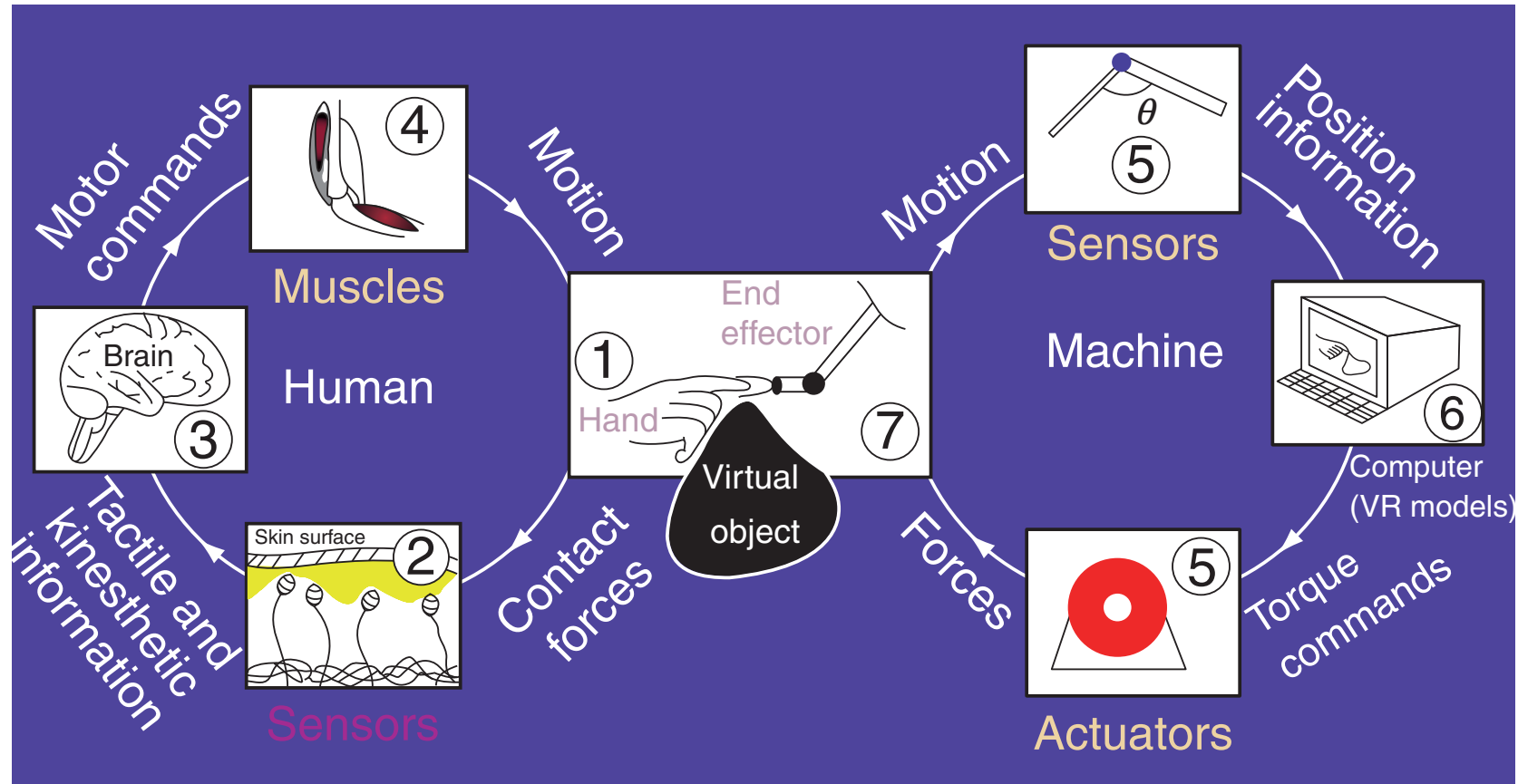
- Anzahl darstellbarer DOFs, typ. ≤ 6 bei *Force-Feedback*
- Anzahl innerer DOFs (\sim Gelenke u.ä.)



Cybernet

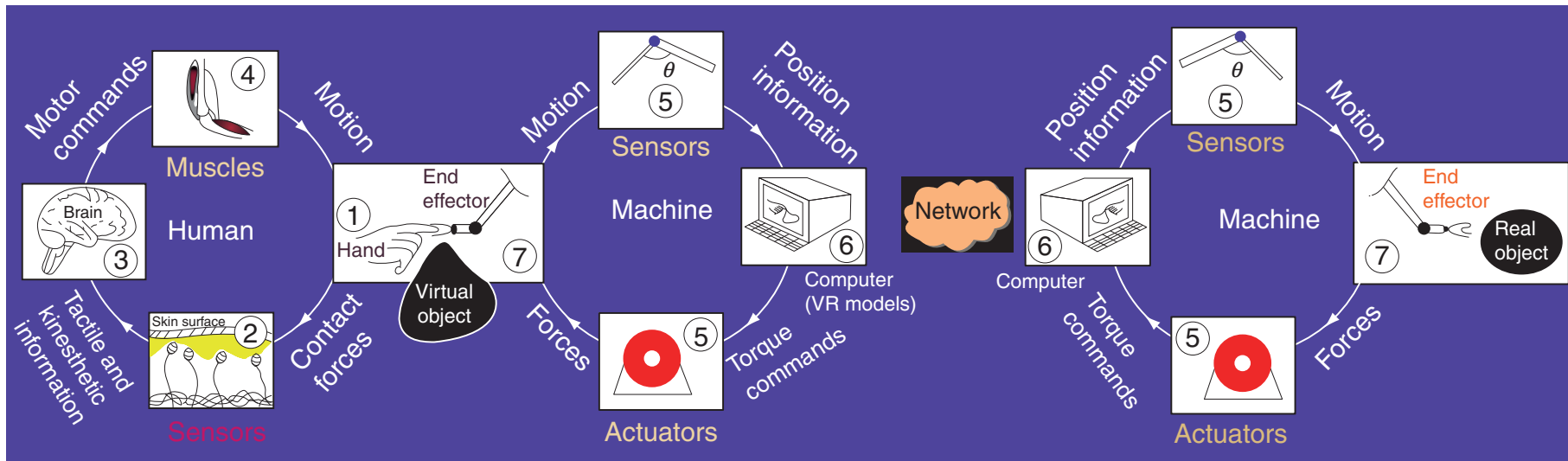


Das spezielle Problem beim Force-Feedback



M A Srinivasan & R Zimmer: *Machine Haptics*.

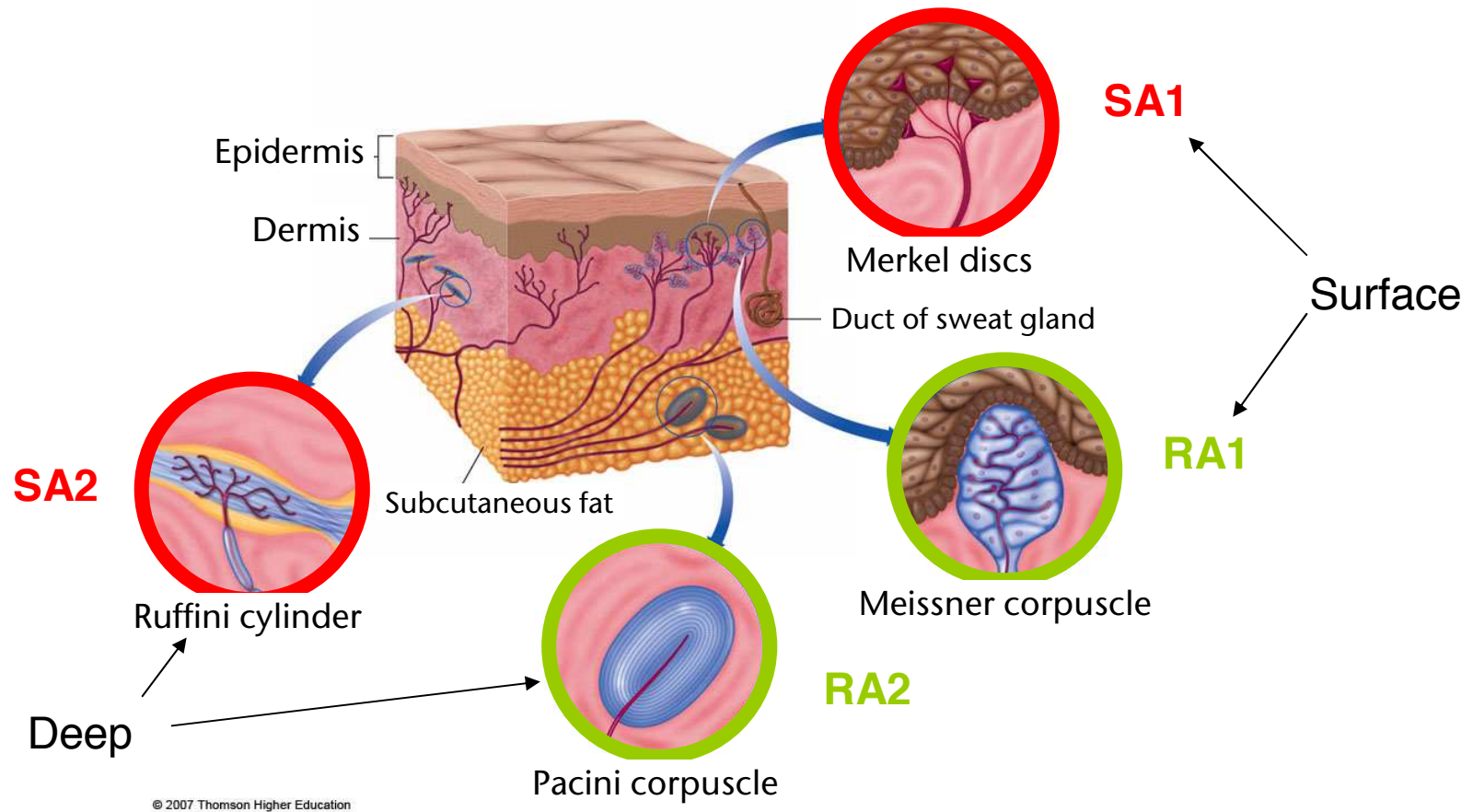
New Encyclopedia of Neuroscience, Ed: Larry R. Squire, Vol. 5, pp. 589-595, Oxford: Academic Press, 2009



M A Srinivasan & R Zimmer: *Machine Haptics*.
 New Encyclopedia of Neuroscience, Ed: Larry R. Squire, Vol. 5, pp. 589-595, Oxford: Academic Press, 2009

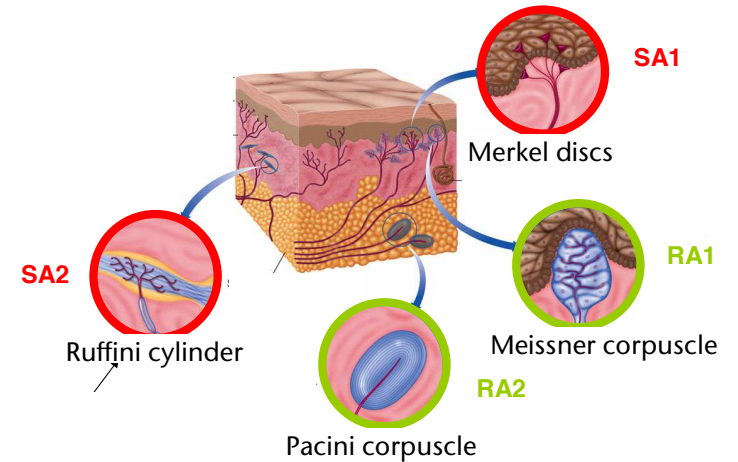
Die haptischen Sensoren

- Taktiler Feedback = Sensoren in der Haut
- 4 verschiedene Arten:



■ Ihre Charakteristika:

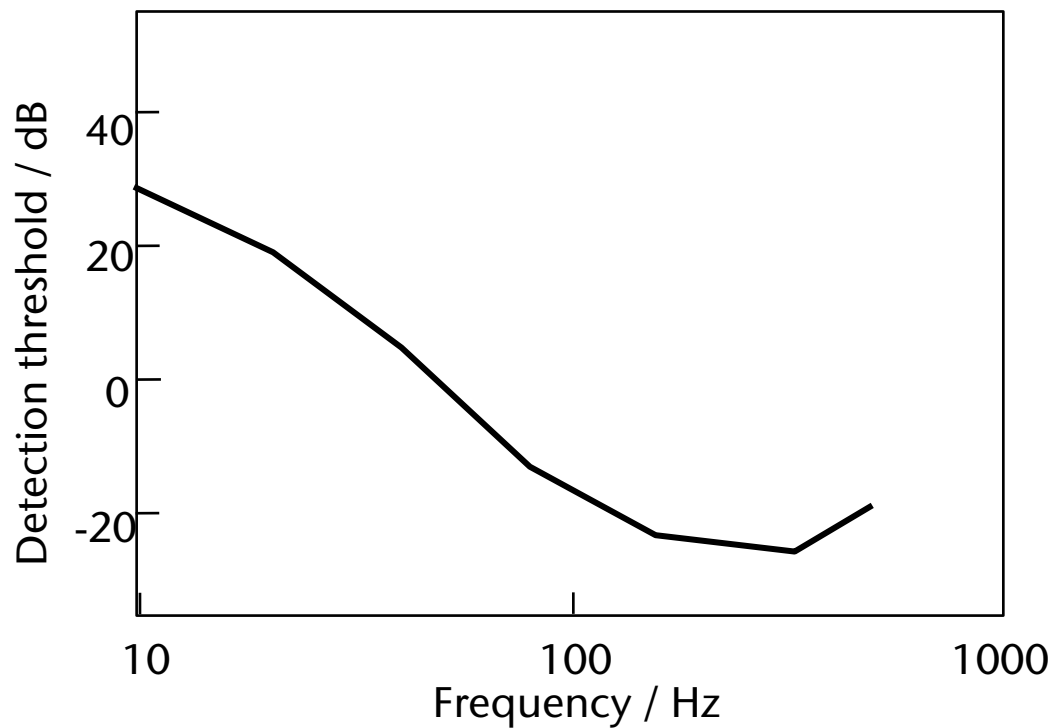
- Ruffini & Merkel: slowly adapting (SA), fire as long as the stimulus persists
- Meissner & Pacini: rapidly adapting (RA), fire only at onset and offset of stimulus



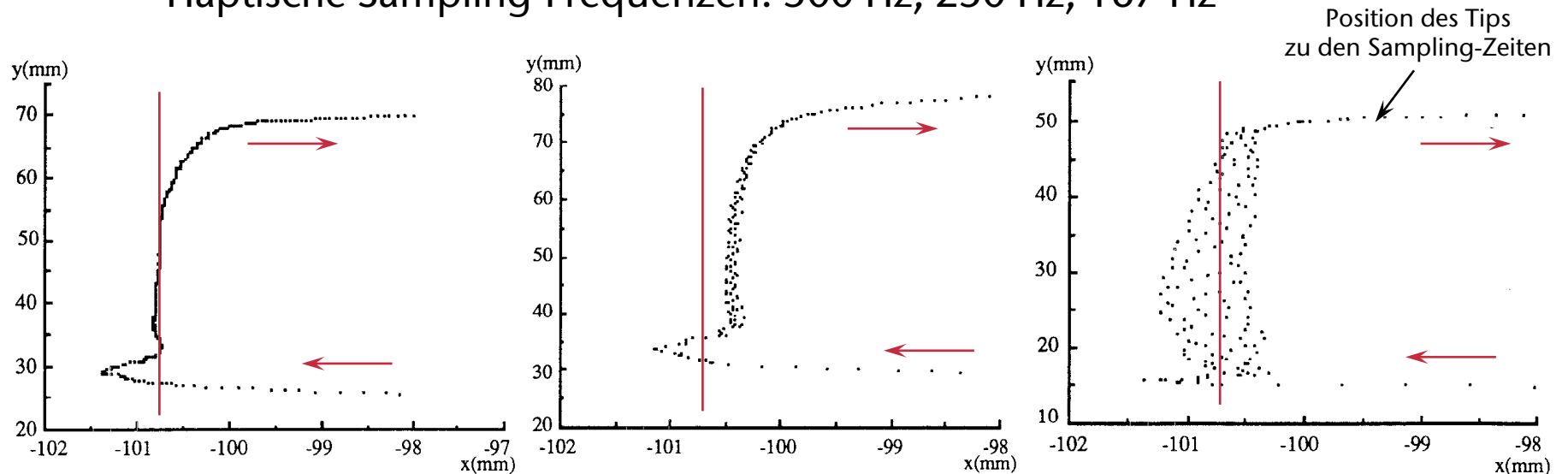
		Adapting Rate		Location in Skin	
		slow	fast		
Response to vibration frequency	low	Merkel	Meissner		
	high	Ruffini	Pacini		

- Reflexzeiten:
 - Muskelreflex: 30 millisek
 - Rückenmarkreflex: 70 millisek
 - Bewußte Aktion: ?
- Bandbreite der menschlichen Krafterzeugung:
 - 1-2 Hz bei unerwarteten Signalen
 - 2-5 Hz bei periodischen Signalen
 - 5 Hz bei gelernten Trajektorien
 - 10 Hz bei Reflexen
- Kräfte:
 - Max. 50-100 N
 - Typ. 5-15 N (Manipulation und Exploration)

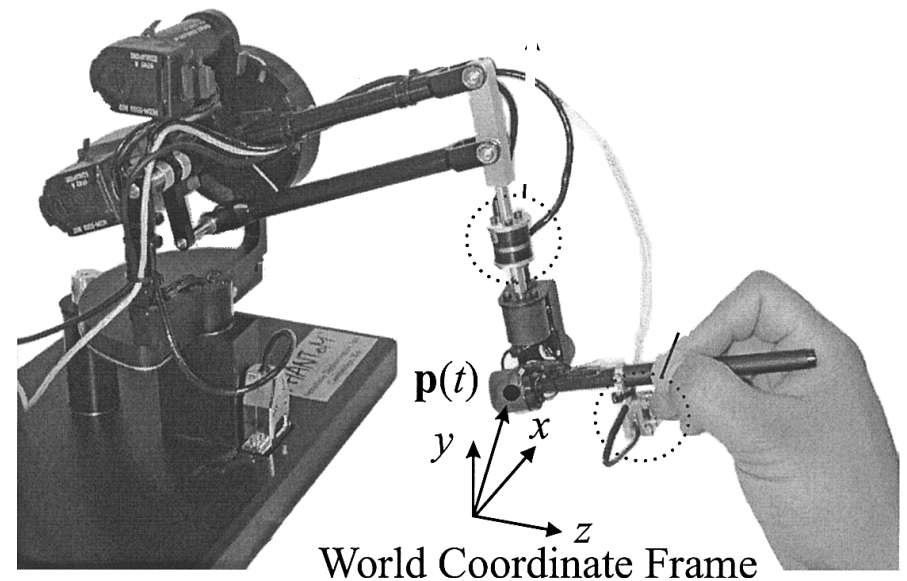
- Steifigkeitsempfinden: zum Rendern **harter** Oberflächen ist >1 N/mm nötig (eher 14 N/mm)
- Detection Threshold für Vibrationen:



- Ein Experiment zum "Beweis" :
 - Haptisches Gerät mit einer Spitze und 3 DOFs
 - Haptisches Hindernis = ein flaches Polygon
 - Aufgabe: mit der Spitze am Polygon entlang fahren (*tracing task*)
 - Impedanz-basiertes Rendering (später)
 - Steifigkeit = 10000 N/m, Reibungskoeffizient = 1000 N/(m/sec)
 - Haptische Sampling-Frequenzen: 500 Hz, 250 Hz, 167 Hz

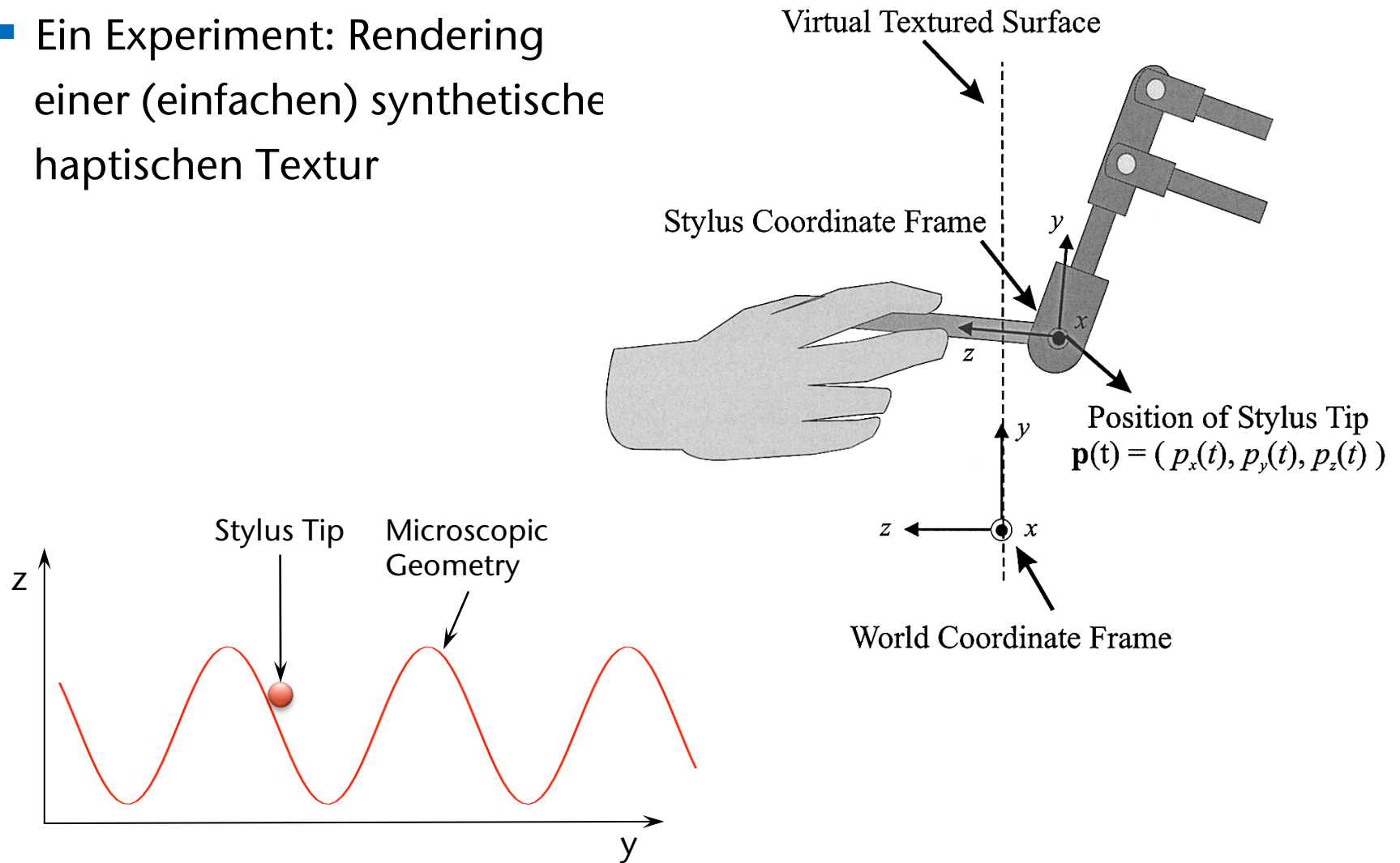


- Textur = feine Struktur einer Oberfläche (= Mikrogeometrie); unabhängig von der Form des Obj (= Makrogeometrie)
- Haptische Wahrnehmung einer Textur mittels direktem Fingerkontakt:
 - Räumlich
 - Zeitlich (beim Darüberfahren)
- Haptische Wahrnehmung mittels Force-Feedback-Gerät: Textur wird in ein zeitliches "Signal" umkodiert und ausgegeben



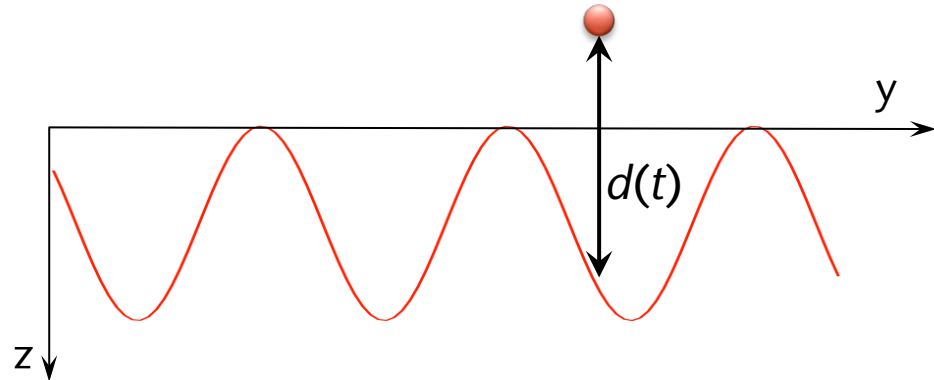
Ein häufiges Problem: "Buzzing"

- Ein Experiment: Rendering einer (einfachen) synthetische haptischen Textur

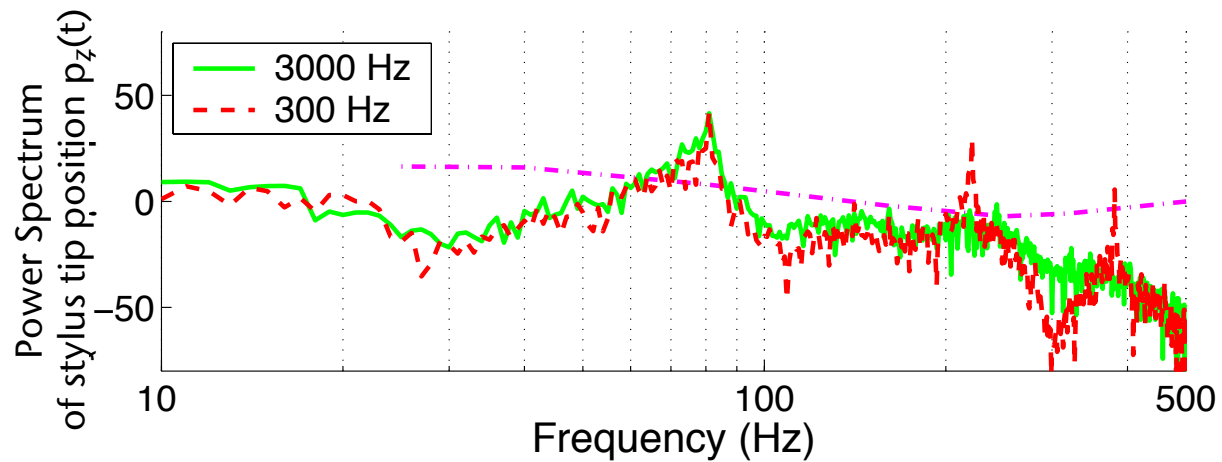


- Kraft, die "gerendert" wird (= durch die Aktuatoren ausgegeben):

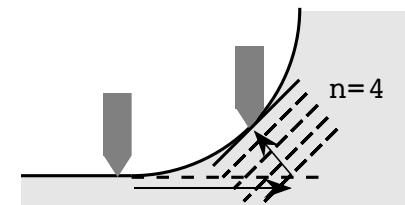
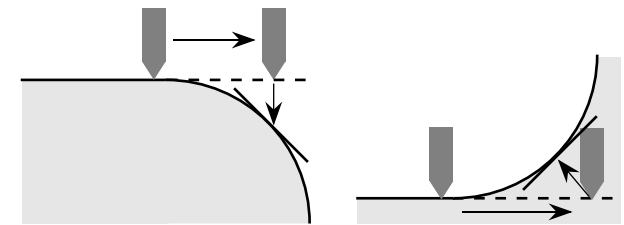
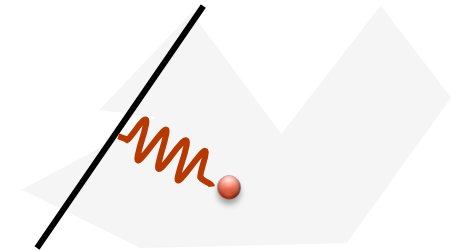
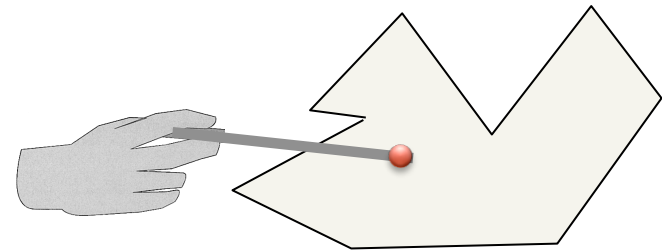
$$F(t) = k_s d(t)$$



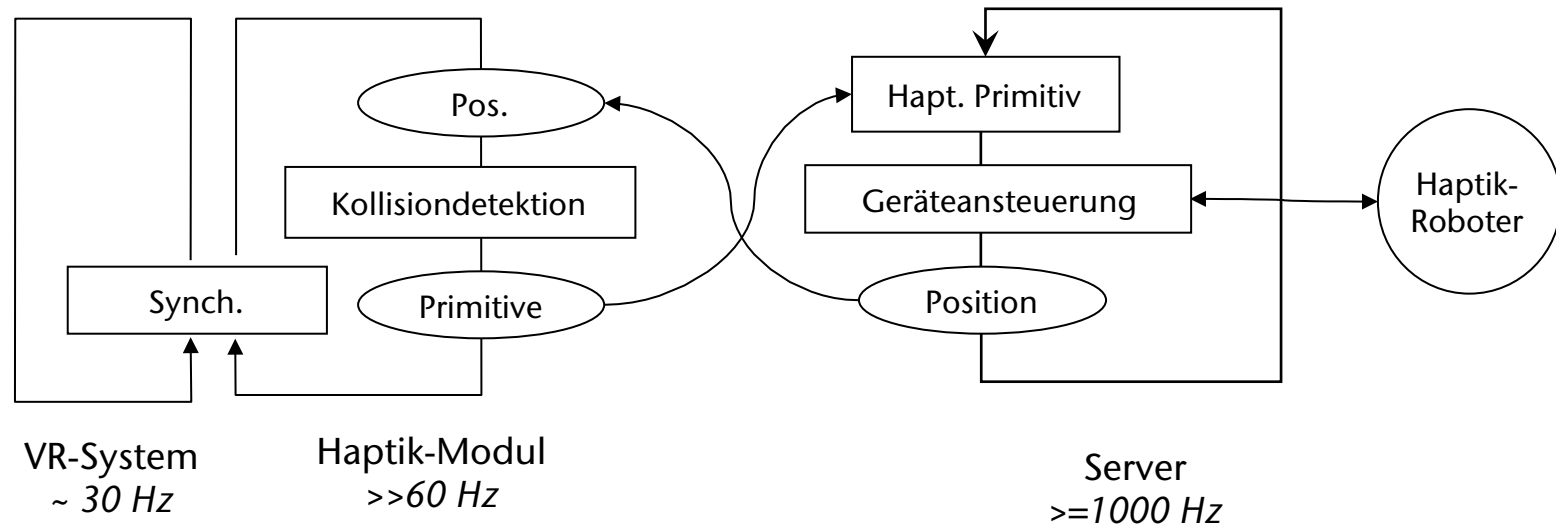
- Resultat bei verschiedenen Rendering-Frequenzen:



- Problem:
 - Update-Rate = 1000 Hz!
 - Kollisionsdetektion zwischen Stylus-Tip und Virtuelle Umgebung dauert (meistens) länger als 1 msec
 - VR-System braucht noch viel Zeit für andere Tasks (Rendering, etc.)
- Lösung:
 - Verwende "intermediate representation" für aktuelles Hindernis (typ.weise Ebene oder Kugel)
 - Lagere haptisches Rendering in eigenen Thread aus
 - Schicke ab und zu Update der Intermediate Representation an Haptik-Thread



- Haptisches Gerät =
 - Sensor, misst Kraft (Admittanz-Ansatz) oder Position (Impendanz-Ansatz) +
 - Aktuator (z.B. Beschleunigung, Kraft)
- logische Geräte
- System:



- Haptisches Primitiv = Ebene, Kugel, etc.